

Abstract (Basic): JP 2000224109 A 4234462

NOVELTY - A group of photonic crystals (11,12) are arranged on the substrate (13), serially. Two pair of crystals are maintained in optical symmetry into optical axis, in crossing with intermediate point of other crystals. The light is refracted by crystals depending on wavelength of light and projection angle.

USE - For compensating wavelength difference in channels of wavelength multiplex communication system, super high speed optical communication system.

ADVANTAGE - Reduces insertion loss of optical fiber by arranging the photo crystals at position relative to wavelength dependence and propagation velocity of fibers.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the block diagram of the wavelength dispersion compensation circuit.

Photonic crystals (11,12)

Substrate (13)

pp; 8 DwgNo 1/6

Title Terms: WAVELENGTH; DISPERSE; COMPENSATE; CIRCUIT; OPTICAL;
COMMUNICATE; SYSTEM; GROUP; PHOTON; CRYSTAL; ARRANGE; SPECIFIC; OPTICAL;
SYMMETRICAL; CRYSTAL

Derwent Class: P81; V07; W02

International Patent Class (Main): H04B-010/02

International Patent Class (Additional): G02B-001/02; G02B-006/293;

H04B-010/18

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): V07-F01A1; V07-K01C; V07-K04; W02-C04A7; W02-C04A7A
; W02-C04B1

AL2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-224109

(P2000-224109A)

(43)公開日 平成12年8月11日(2000.8.11)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
H 0 4 B 10/02		H 0 4 B 9/00	M 5 K 0 0 2
	10/18	G 0 2 B 1/02	
G 0 2 B 1/02		6/28	B
	6/293		

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平11-21260

(22)出願日 平成11年1月29日(1999.1.29)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 小坂 英男

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 100096231

弁理士 稲垣 清

Fターム(参考) 5K002 AA06 AA07 BA02 BA13 BA16

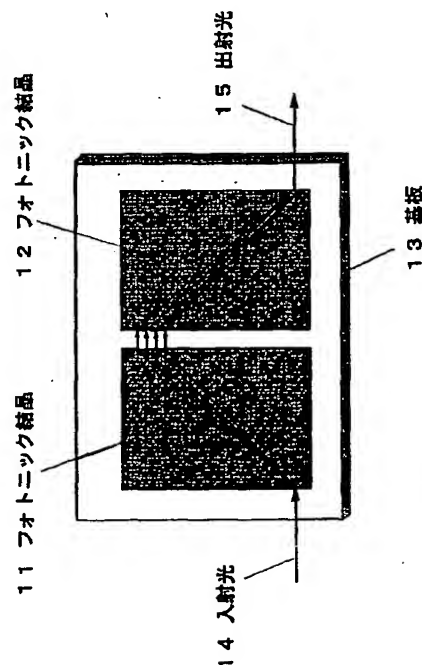
CA01 DA02 DA42 FA01

(54)【発明の名称】 分散補償光回路

(57)【要約】

【課題】 素子寸法がc m程度以下であって、挿入損失が小さく、補償帯域が広い分散補償素子を提供する。

【解決手段】 本分散補償光回路は、波長に強く依存して入射光を大きく屈折させる機能を有し、基板13上に左右対称に形成され、配置された、フォトニック結晶11と、フォトニック結晶12とを備えている。基板は、自由キャリア吸収の影響をさけるため不純物濃度の低い高抵抗シリコンからなっている。フォトニック結晶は、酸化ケイ素中にシリコンよりなる直径0.3 μ mの円柱を三角格子状に0.6 μ mピッチで周期的に配置したものである。入射光14は、フォトニック結晶11で短波長光ほど大きく上方に折れ曲がり、再度、フォトニック結晶12で同じ角度で下方に戻され、右側の出力光15となって出力される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 信号光の光ファイバ中の伝播速度の波長依存を補償する分散補償光回路であって、波長に強く依存して入射光を大きく屈折させる機能を有し、光の進行方向に直列に配置された複数個のフォトニック結晶を備え、

複数個のフォトニック結晶のうち隣合う各2個のフォトニック結晶は、その構造が各2個のフォトニック結晶の中間点を通り光の進行方向に交差する対称軸に関し対称に形成され、かつ対称軸に関し対称に配置され、信号光は、信号光が先頭のフォトニック結晶内を伝播する際、信号光の波長に応じて大きく屈折するように設定された入射角で、先頭のフォトニック結晶に入射するようにしたことを特徴とする分散補償光回路。

【請求項2】 フォトニック結晶の有する大きな群速度分散との相乗効果を利用して、信号光の光ファイバ中の伝播速度の波長依存を補償することを特徴とする請求項1に記載の分散補償光回路。

【請求項3】 波長多重通信システムで複数の波長チャンネルに信号を分割して伝送する際、各チャンネル毎に信号の波長分散をそれぞれ補償する分散補償光回路であって、

波長に強く依存して入射光を大きく屈折させる機能を有し、光の進行方向に直列に配置された複数個のフォトニック結晶を備え、

複数個のフォトニック結晶のうち隣合う各2個のフォトニック結晶は、その構造が各2個のフォトニック結晶の中間点を通り光の進行方向に交差する対称軸に関し対称に形成され、かつ対称軸に関し対称に配置され、信号光は、信号光が先頭のフォトニック結晶内を伝播する際、信号光の波長に応じて大きく屈折するように設定された入射角で、先頭のフォトニック結晶に入射するようにし、

隣合う各2個のフォトニック結晶であって、入射端に近い方の第1のフォトニック結晶と出射端に近い方の第2のフォトニック結晶の間で、各チャンネル毎に、光の進行方向に直列に配置された第3及び第4のフォトニック結晶を備え、

第3のフォトニック結晶は、光信号を分岐する機能を有して第1のフォトニック結晶の光出射側に配置され、第4のフォトニック結晶は、光信号を合流させる機能を有して第2のフォトニック結晶の光入射側に配置され、波長多重通信での分散補償機能と、信号引き出し、挿入（アドロップ）機能を同時に行うことを特徴とする分散補償光回路。

【請求項4】 第3のフォトニック結晶と第4のフォトニック結晶との間に、受光部と発光部とを備えていることを特徴とする請求項3に記載の分散補償光回路。

【請求項5】 受光部が受光素子、及び、発光部が半導体レーザ素子であることを特徴とする請求項4に記載の

分散補償光回路。

【請求項6】 入射光の波長分布が1.5 μ m帯であることを特徴とする請求項1から5のうちのいずれか1項に記載の分散補償光回路。

【請求項7】 フォトニック結晶は、酸化ケイ素中にシリコンよりなる円柱を所定ピッチの三角格子状で周期的に配置したものであることを特徴とする請求項1から6のうちのいずれか1項に記載の分散補償光回路。

【請求項8】 基板は不純物濃度の低い高抵抗シリコン単結晶基板で形成されていることを特徴とする請求項1から7のうちのいずれか1項に記載の分散補償光回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信システム、特に波長多重通信システムや超高速光通信システムなどで用いられる分散補償光回路に関し、更に詳細には、小さな挿入損失で広帯域の分散補償を行う分散補償光回路に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光通信システム、特に波長多重通信システムや超高速光通信システムになどで用いられている従来の分散補償素子の主なるものには、分散補償ファイバを用いるものと、ファイバグレーティングを用いるものがある。また、分散補償ファイバ及びファイバグレーティングを用いた分散補償素子の問題点を解決する別構成の分散補償素子として、導波路型の分散補償光回路が提案されている。これらを以下に順に説明する。

【0003】分散補償ファイバを用いた分散補償素子は、ファイバコア部への不純物添加により意図的に分散量を通常のファイバからずらすことにより分散を補償しようとするものである。この分散補償ファイバは、例えばOptics lettersの第5巻（1980年）の第476頁から478頁に記載されている。この例では、GeO₂をコア部へ添加することにより、分散補償の効果をj得ている。例えば100kmの通常ファイバの分散を補償するためには、約10kmのファイバ長が必要となる。

【0004】これに対し、ファイバグレーティングを用いた分散補償素子は、回折格子を設けたファイバのコア径を意図的にずらすことにより、実効的に回折格子の間隔を変化させ、波長に応じて反射される位置に変化を持たせ、反射時間の波長依存性により分散を補償しようとするものである。このファイバグレーティングを用いた分散補償素子は、例えばJournal of Lightwave Technologyの第11巻（1993年）の第1325頁から1330頁に記載されている。

【0005】図2を参照して、ファイバグレーティングを用いた分散補償素子の構成及び機能を説明する。図2は、ファイバグレーティングの構成を模式的に示す図である。本ファイバへの入射光は、図2の左より入射する。コア部の屈折率と回折格子の間隔を固定したまま

で、コア部の径を末端に行くに従って徐々に小さくなるように絞ってある。これにより、コア部への光閉じ込め効果が徐々に弱くなり、光がクラッド部に染み出すため、実効的な屈折率が末端に行くに従い徐々に小さくなる。結果的に、回折格子の間隔が末端に行くに従い短くなる効果が得られる。従って、入射光は、波長の長いものは近端で反射され、波長の短いものは遠端で反射されることになり、波長に応じた遅延効果が得られる。ファイバの長さを制御することにより、任意の分散補償が可能となるものである。例えば $1.5\mu\text{m}$ 帯の波長域において 1nm の波長分布を持つ信号を通常ファイバ 100km 分だけ補償するためには、 1m 程度のファイバ長が必要となる。

【0006】以上の2種類の分散補償素子は、いずれも素子寸法、挿入損失、帯域などの点で課題がある。その詳細は、あとで述べることにする。

【0007】これら課題を克服するための工夫として、導波路型分散補償光回路が、提案されている。この光回路は、特願平第5-167645号公報あるいはElectronics Letters 第31巻(1995年)の第2192頁から2194頁に記載されている。図3を参照しながら、導波路型分散補償光回路の構成を以下に簡単に説明する。シリコンよりなる基板32上に非対称マッハチェンダ型干渉系を構成する湾曲形状の光導波路31が複数形成されている。これらの光導波路31は結合強度を温度により制御できる可変カプラ33及び半分の強度だけ結合するカプラ34によって直列に接続されている。各々の光導波路部31では、マッハチェンダ型の干渉効果により、波長に依存した位相差が生じる。これを複数接続することにより、一種のグレーティングを構成しているが、非対称構成のため、波長により伝播経路に差が生じ、分散を補償することが可能となる。素子寸法は、 $76\times 88\text{mm}$ である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記のような従来の分散補償素子には、それぞれ、以下のような問題があった。まず、分散補償ファイバを利用した分散補償素子には、素子長が長く、挿入損失が大きいという問題がある。例えば 100km の通常ファイバの分散を補償するために必要な素子長は、約 10km と長い。また、その時の挿入損失は、約 7dB と大きい。さらに、このファイバは振動や温度に対して不安定であって、これを伝送路として用いることができないという問題がある。

【0009】次に、ファイバグレーティングを利用した分散補償素子には、素子長が長く、補償帯域が狭いという問題がある。例えば $1.5\mu\text{m}$ 帯の波長域において 1nm の波長分布を持つ信号を通常ファイバ 100km 分だけ補償するために、 1m 程度の長い素子長が必要である。また、通常の波長多重通信システムで用いられる波長域は、少なくとも 30nm であるから、全域をカバー

するためには、全長 30m あるいは 30 個のファイバグレーティングを用意する必要があり、コストが嵩み、寸法が大きくなるという問題が生じる。

【0010】導波路型分散補償光回路では、分散補償ファイバ又はファイバグレーティングを利用した分散補償素子に付帯する上述のような問題は無いものの、やはり素子長が約 8cm と依然大きいのが現状である。その主な理由は、光導波路により光信号の遅延を生じさせるために、大きな曲率を持つ導波路が必要となるが、挿入損失の劣化を抑えるためには導波路の曲率半径を 1cm 程度に抑えることが必要になるからである。また、基本的に回折格子と同等の効果しか得られないことも、大きな光路長依存性が得られない理由となっている。

【0011】以上のように従来の分散補償素子にはそれぞれ問題があって、満足できるレベルには到達していない。そこで、本発明の目的は、上記問題を克服して、素子寸法が cm 程度以下であって、挿入損失が小さく、補償帯域が広い分散補償素子を提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係る分散補償光素子(以下、第1の発明と言う)は、信号光の光ファイバ中の伝播速度の波長依存性を補償する分散補償光回路であって、波長に強く依存して入射光を大きく屈折させる機能を有し、光の進行方向に直列に配置された複数のフォトニック結晶を備え、複数のフォトニック結晶のうち隣合う各2個のフォトニック結晶は、その構造が各2個のフォトニック結晶の間接点を通り光の進行方向に交差する対称軸に関し対称に形成され、かつ対称軸に関し対称に配置され、信号光は、信号光が先頭のフォトニック結晶内を伝播する際、信号光の波長に応じて大きく屈折するように設定された入射角で、先頭のフォトニック結晶に入射するようにしたことを特徴としている。

【0013】本発明では、フォトニック結晶内の波長による光路長の変化と、フォトニック結晶内の遅い伝播速度の効果により、小さな挿入損失で広帯域にわたり大きな分散補償を安定的に行う小さな寸法の分散補償光回路を実現することができる。本発明では、フォトニック結晶に特徴的な大きな屈折現象と分光現象とを利用する。即ち、本発明は、結晶中の光伝播がある入射角では非常に大きな屈折角を持って伝播すると言うフォトニック結晶の性質と、入射光の波長に大きく依存してその屈折角が変化するというフォトニック結晶の性質を利用している。本発明で、基板は、自由キャリア吸収の影響をさけるため不純物濃度の低い高抵抗シリコン単結晶基板で形成されている。

【0014】この現象の一例をCCDカメラによって観測した写真を図4(a)に示す。図4(b)には比較のために通常のシリコン結晶に同様の光入射したときの写真を示す。 $0.99\mu\text{m}$ と $1.0\mu\text{m}$ の2つの波長を持

つ光をフォトニック結晶に同一角度、同一位置から入射すると、図4(a)に示すように、これら2つの波長の光の伝播方向には約 50° の角度差が生じる。この現象は、波長や入射角を変えると、様々に変化するが、その一例として図5に伝播角の波長依存性の角度による変化を示す。 15° の入射角において最も角度分散が大きく、 $50^\circ/\%$ が得られることが分かる。また波長変化に応じて、伝播各の角度変化が、ほぼ線形に生じることが分かる。

【0015】この現象を利用することにより、伝播光は大きく屈折し、また波長に応じて伝播角が大きく変化する。これにより、波長に応じてフォトニック結晶内で光路長差を生じさせることが可能となる。また、フォトニック結晶中の群速度は、真空中の光速に対して極端に遅いことが知られており、この光路長差は実効的に大きな伝播時間の差となって現れることになる。

【0016】ここで用いる分光効果は、通常の回折格子に対して約50倍の光路差増強効果があり、通所のプリズムと比較すると約500倍の効果となる。この点で回折格子と同等の効果を用いる従来例の導波路型分散補償光回路とは大きく異なる。好適には、フォトニック結晶の有する大きな群速度分散との相乗効果を利用して、光ファイバ中の信号伝播速度の波長依存を補償する。これにより、小さな寸法の分散補償光回路で大きな寸法の分散補償光回路と同等の分散補償が可能となる。

【0017】本発明では、上述のフォトニック結晶の性質を用いることにより、信号光を大きく屈折させ、フォトニック結晶を2つ左右対称に配置することにより、大きく湾曲した伝播光路を発生させることができる。フォトニック結晶内での屈折角は、伝播光の波長に対して敏感に変化する性質があるため、波長に応じて光路の湾曲度が大きく変化することになり、結果的に大きな光路差を生じさせることができる。さらに、フォトニック結晶内の伝播光は真空中の光速に対して2桁程度遅くできるという性質があるため、6mm程度の素子サイズでも100km程度のファイバ長の波長分散を補償するのに十分な光路差が得られる。

【0018】本分散補償光回路は、光通信システム、特に波長多重通信システムや超高速光通信システムなどに用いられる分散補償光回路として最適である。例えば波長多重通信の分野で使用する際には、本発明に係る分散補償光回路（以下、第2の発明と言う）は、波長多重通信システムで複数の波長チャンネルに信号を分割して伝送する際、各チャンネル毎に信号の波長分散をそれぞれ補償する分散補償光回路であって、波長に強く依存して入射光を大きく屈折させる機能を有し、光の進行方向に直列に配置された複数のフォトニック結晶を備え、複数のフォトニック結晶のうち隣合う各2個のフォトニック結晶は、その構造が各2個のフォトニック結晶の中間点を通り光の進行方向に交差する対称軸に関し対称

に形成され、かつ対称軸に関し対称に配置され、信号光は、信号光が先頭のフォトニック結晶内を伝播する際、信号光の波長に応じて大きく屈折するように設定された入射角で、先頭のフォトニック結晶に入射するようにし、隣合う各2個のフォトニック結晶であって、入射端に近い方の第1のフォトニック結晶と出射端に近い方の第2のフォトニック結晶の間で、各チャンネル毎に、光の進行方向に直列に配置された第3及び第4のフォトニック結晶を備え、第3のフォトニック結晶は、光信号を分岐する機能を有して第1のフォトニック結晶の光出射側に配置され、第4のフォトニック結晶は、光信号を合流させる機能を有して第2のフォトニック結晶の光入射側に配置され、波長多重通信での分散補償機能と、信号引き出し、挿入（アドロップ）機能を同時に行うことを特徴としている。

【0019】

【発明の実施の形態】以下に、実施形態例を挙げ、添付図面を参照して、本発明の実施の形態を具体的にかつ詳細に説明する。

実施形態例1

本実施形態例は、第1の発明に係る分散補償光回路の実施形態の一例であって、図1は本実施形態例の分散補償光回路の構造を示す模式図である。波長に強く依存して入射光を大きく屈折させる2個のフォトニック結晶、即ちフォトニック結晶11とフォトニック結晶12とが、シリコン半導体基板13上に左右対称に形成され、かつ配置されている。基板13は、自由キャリア吸収の影響をさけるため不純物濃度の低い高抵抗シリコンからなっている。フォトニック結晶11とフォトニック結晶12とは、いずれも、酸化ケイ素中にシリコンよりなる直径 $0.3\mu\text{m}$ の円柱を三角格子状に $0.6\mu\text{m}$ ピッチで周期的に配置したものである。

【0020】このフォトニック結晶は、前述のように、フォトニック結晶中の光伝播が、ある入射角では非常に大きな屈折角を持って伝播し、また、その屈折角が入射光の波長に大きく依存して変化するという屈折現象及び分光現象を示す性質を持つ構造であり、図1に示すように、信号光の波長に応じてフォトニック結晶中の伝播角が大きく変化する。図1中には、分かりやすく4本の光路を矢印で示したが、実際には連続的に波長は変化する。フォトニック結晶11とフォトニック結晶12は、全く同じ構造であり、しかも、図1中でフォトニック結晶11と12の中間点を通る対称軸に関し、左右対称となるように、設計されている。したがって、図1の左方向からの入射光14は、フォトニック結晶11で短波長光ほど大きく上方に折れ曲がり、再度、フォトニック結晶12で同じ角度で下方に戻され、右側の出力光15となって出力される。

【0021】図5で得られた伝播角の波長依存性より、入射光14の入射角が、フォトニック結晶11の端面に

対して 15° となるよう設定すると、 $50^\circ/\%$ の角度分散が得られる。入射光の波長分布が $1.5\mu\text{m}$ 帯で 1nm あるとすると、この角度分散より 3° の伝播角の差が得られることになる。フォトニック結晶11及び12の幅をそれぞれ 3mm とし、中心となる信号光の伝播角を 70° としたとき、 3° の伝播角差は、 3mm の光路長差となって現れる。

【0022】一方、フォトニック結晶中の群速度は、真空中の光速の100分の1程度まで低減できるので、ここで得られた 3mm の光路長差は、 1ns の信号間時間差を伴った出射光15として出射されることになる。この 1ns の時間差は、通常ファイバを約 100km 伝播した後の波長間時間ずれに相当するため、 100km のファイバ長の分散補償が可能であるということになる。

【0023】実施形態例2

本実施形態例は、第1の発明に係る分散補償光回路の実施形態の別の例である。実施形態例1では、フォトニック結晶11及び12の群速度が一定であるという前提であったが、実際には、フォトニック結晶11及び12の群速度には大なり小なり分散があり、つまり波長に応じて群速度が変化する。この効果を用いても、等価的に波長毎の遅延時間に差を付けることが可能となるものの、これだけでは分散補償素子の寸法を十分に小さくすることが難しい。即ち、この群速度分散を極端に大きく取ろうとすると、群速度分散そのものにもさらに分散があり、つまり広帯域の全域にわたって一定率の群速度変化を得ることが難しい。そこで、この群速度分散の効果がある程度利用しながら、実施形態例1に関し説明した伝播角の波長依存効果を同時に用いることにより、実施形態例1の分散補償光回路より相乗的に素子寸法を小さくし、しかも波長均一性の良い分散補償効果が得られる。

【0024】実施形態例3

本実施形態例は、第2の発明の分散補償光回路の実施形態例の一例であって、図6は本実施形態例の分散補償光回路の構成を示す模式的ブロック図である。実施形態例1を構成する2つのフォトニック結晶11及び12とそれぞれ同様のフォトニック結晶61及び62を基板63の上に形成し、フォトニック結晶61とフォトニック結晶62の間にさらに別のフォトニック結晶68（図6では4個のみ図示）を入射側に、フォトニック結晶69（図6では4個のみ図示）を出射側に形成する。

【0025】フォトニック結晶68は、一本の入射光を2波に分岐する機能を有す。また、フォトニック結晶69は、フォトニック結晶68と全く同じものを左右対称に配置したものであり、2波を合流させる機能を有する。フォトニック結晶68により2波に分岐した信号光のうち一方を受光部66に導入し、もう一方は透過する構成とする。また、発光部67から出射された信号光は、フォトニック結晶69により先の透過光と合流されてフォトニック結晶62に導入される。

【0026】これらの構成により、複数の波長チャンネルを有する入射光64は、フォトニック結晶61により各チャンネル毎に別のフォトニック結晶68に入射し、それぞれ別の受光部66で電気信号に変換される。また、透過光も同じくそれぞれ別に発光部67により信号挿入されてフォトニック結晶62により全てのチャンネルからの光信号が合流されて一本の出射光65となって外部に出射される。

【0027】現状の波長多重通信で標準的なチャンネル間波長間隔は、 1nm であり、受光部66あるいは発光部67の間隔を $160\mu\text{m}$ とすると、フォトニック結晶61あるいはフォトニック結晶62の横幅は 3mm となる。

【0028】本実施形態例では、実施形態例1で説明した分散補償の効果が同時にある。図6では、分かりやすくするために波長 λ_1 から λ_4 までのフォトニック結晶61内での光線間隔を大きく示しているが、実際には 3° の間隔でよい。したがって、全てのチャンネル光を傾斜角 70° 付近に設定すれば、各チャンネルの光信号に対し最大 1nm の波長幅に対する分散補償が可能となる。実際にはチャンネル間波長差が 1nm であるから、波長幅は 0.5nm 以下に抑えられており、フォトニック結晶68あるいは69内を伝播する光信号の光線幅は $80\mu\text{m}$ 以下であり、受光部66あるいは発光部67の寸法は $80\mu\text{m}$ 以上であれば良い。

【0029】これらの受光部66あるいは発光部67は、基板63上に受光素子あるいは半導体レーザ素子を集積しても良いし、斜めに反射する機構を設けて外部に受光素子あるいは半導体レーザ素子を配置しても良い。

【0030】これらの実施形態例において、2つのフォトニック結晶を用いたが、3つ以上のフォトニック結晶を用いたり、フォトニック結晶の間に別の結晶を挿入したりしても同様の効果が期待できる。また、入射光の中心波長を $1.5\mu\text{m}$ としたが、フォトニック結晶の設計次第でこの波長を変更することは容易に可能である。また、実施形態例では、基板をシリコンとしたが、インジウムリンやガリウムリンなどの化合物半導体材料でも実現可能である。また、ここでは短波長ほど伝播遅延が生じる構成としたが、逆に長波長ほど伝播遅延が生じるように設計することも容易に可能である。

【0031】

【発明の効果】本発明によれば、光ファイバ中の信号伝播速度の波長依存を補償する分散補償素子において、波長に対する強い伝播角依存性を有するフォトニック結晶を対称配置し、波長による光路長変化とフォトニック結晶の有する遅い群速度の効果により、小さな寸法、挿入損失で広帯域の分散補償を実現することが可能となる。これにより、以下の効果を奏することができる。第1の効果は、分散補償光回路を小型・軽量化し、高集積化することができる。その理由は、光導波路に必要な曲率半

径の制限がなく、現状のLSI作製工程に使用されているリソグラフィー技術を応用可能であるからである。第2の効果は、生産性の向上である。その理由は、第1の効果により、素子寸法が小さくなり、同一面積のウエハから生産できる素子数が多くなるからである。また、ファイバなど個別光学部品の実装に伴う位置合わせ工程が不要となることによっても、生産性が向上する。第3の効果は、特性安定性の向上である。その理由は、素子寸法を小さくできることにより、機械的振動の影響が少なくなり、また素子温度の管理が容易になるためである。本発明に係わる分散補償光回路を適用することにより、低い生産コストで良好な分散補償素子を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態例1のフォトニック結晶を用いた分散補償光回路の構成を示すブロック図である。

【図2】従来例のファイバグレーティング型分散補償素子の構成を示す模式図である。

【図3】従来例の導波路型分散補償光回路の構成を示す模式図である。

【図4】図4(a)及び(b)は、それぞれ、フォトニック結晶及びシリコン半導体の内部伝播光のCCD観測像を示す図面である。

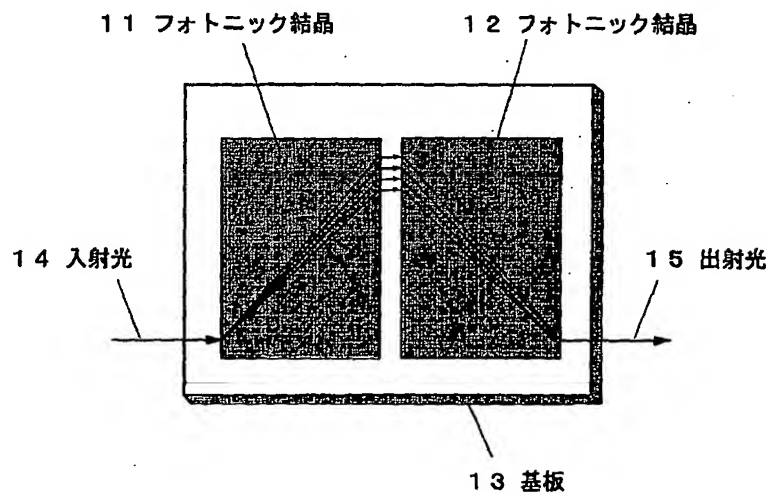
【図5】フォトニック結晶の内部伝播光の伝播角の波長依存性を示す図面である。

【図6】実施形態例3のフォトニック結晶を用いた信号引き出し、挿入機能を有する波長多重通信を可能とする分散補償光回路の構成を示すブロック図である。

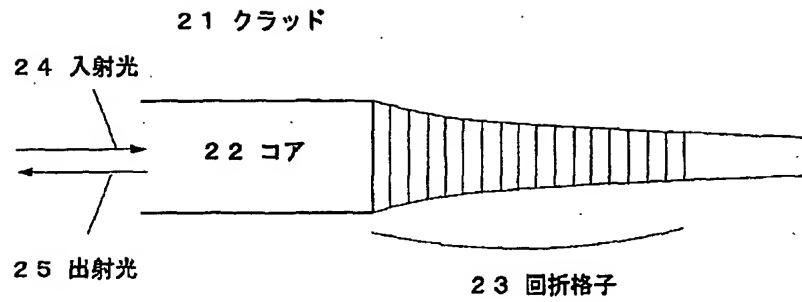
【符号の説明】

- 11 フォトニック結晶
- 12 フォトニック結晶
- 13 基板
- 14 入射光
- 15 出射光
- 21 クラッド
- 22 コア
- 23 回折格子
- 24 入射光
- 25 出射光
- 31 光導波路
- 32 基板
- 33 可変カプラ
- 34 カプラ
- 35 入射光
- 36 出射光
- 41 入射光
- 42 内部伝播光
- 61 フォトニック結晶
- 62 フォトニック結晶
- 63 基板
- 64 入射光
- 65 出射光
- 66 受光部
- 67 発光部
- 68 フォトニック結晶
- 69 フォトニック結晶

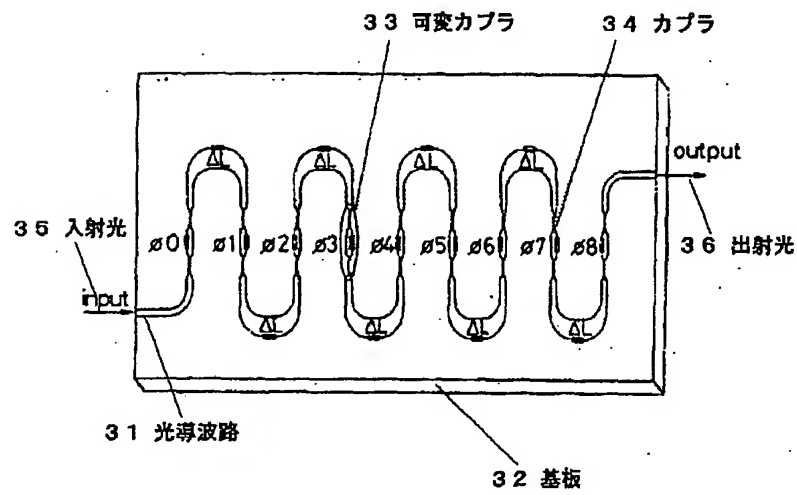
【図1】



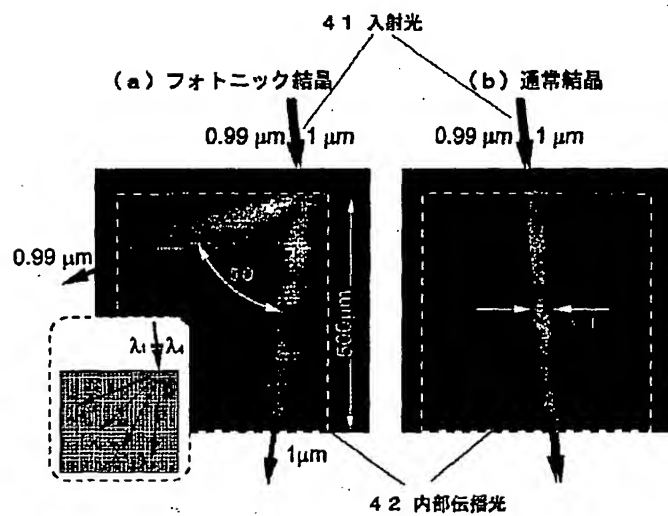
【図2】



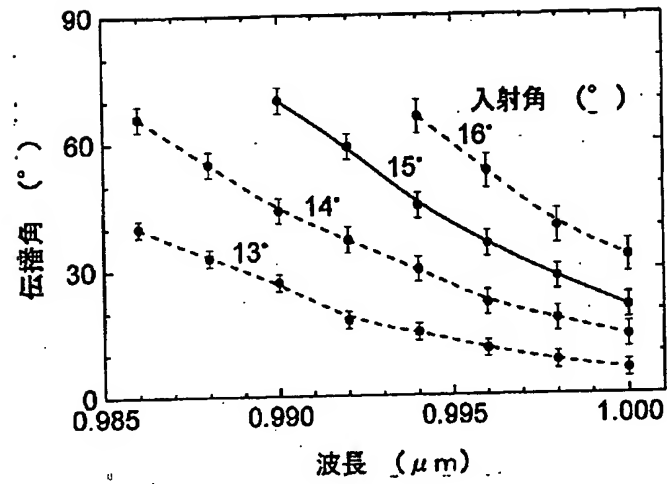
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

